บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาสารอิมัลซิฟายเออร์ในเค้กเนย

5.1.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ Sucrose ester เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

จากการศึกษาชนิดและปริมาณของสารอิมัลซิฟายเออร์ที่เหมาะสมสำหรับเค้กเนย ในการทดลองจะแปรปริมาณ Sucrose ester เป็น 3 ระดับ คือ 1, 2, และ 3 % โดยน้ำหนักแป้ง

ผลการการทดลอง(ตารางที่ 4.1) พบว่าปริมาณสาร Sucrose ester มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Symmetry index และ Uniformity index ($p > 0.05$)

เมื่อใช้สาร Sucrose ester ในปริมาณมากขึ้น ความถ่วงจำเพาะของ batter ลดลง แสดงว่ามีปริมาณอากาศเข้าไปใน batter เพิ่มขึ้น (Kim และ Walkers, 1992) ทั้งนี้เนื่องจากสาร อิมัลซิฟายเออร์ทำให้อากาศรวมเข้าไปภายในเฟสที่เป็นน้ำ (aqueous phase) ของเค้กได้ โดยการลดแรงตึงระหว่างผิวของของเหลว (interfacial tension)(Bath และคณะ, 1992) นอกจากนี้ น้ำนมข้นจืดทำให้แรงตึงผิวของไข่ขาวลดลง อากาศรวมเข้าไปใน batter ทำให้ความถ่วงจำเพาะลดลง (Miller และ Setser, 1982)

นอกจากนี้ความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อใช้สาร Sucrose ester ในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากbatter ที่มีความหนืดสูงจะช่วยเก็บฟองอากาศขนาดเล็ก (air bubbles) ไม่ให้สูญเสียออกไปจาก batter และยังช่วยเพิ่มความเสถียรของbatterที่อุณหภูมิห้องด้วย (Kim และ Walkers, 1992) ทำให้ปริมาตรเค้กเพิ่มขึ้น

สำหรับปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะ เป็นค่าที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อใช้สาร Sucrose ester มากขึ้นทำให้ฟองอากาศ (air cells) มีขนาดเล็กและมีปริมาณมาก ช่วยให้ปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะของเค้กเพิ่มขึ้น (Lee, Hosency และ Varriano-Marston, 1982) นอกจากนี้ปริมาณอากาศที่มีอยู่ใน batter ซึ่งเกิดจากขั้นตอนการตีเนยกับน้ำตาล การผสมด้วยความเร็วสูง ปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์จากสารที่ช่วยให้ขึ้นฟู (leavening agent) และการขยายตัวของไอน้ำในระหว่างการอบ ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ช่วยเพิ่มปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะให้กับเค้กเนย (Baker, Davis และ Gordon, 1990)

ส่วนความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้ก เป็นค่าดัชนีที่บอกปริมาตรของเค้กทั้งภายในและนอกพิมพ์ (Miller และ Setser, 1982) โดยตำแหน่งที่จุดกึ่งกลางของเค้กจะมีค่าความสูงมากที่จุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่น ๆ ของเค้ก ค่าความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้กเป็นค่าที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะ เมื่อใช้สาร Sucrose ester มากขึ้นค่าความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้กเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณอากาศที่มีอยู่ใน batter จะขยายตัวในระหว่างการอบเค้ก (Kim และ Walkers, 1992)

เมื่อพิจารณาค่า Volume index เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความสูงและปริมาตรเค้ก (Bath และคณะ, 1992) ค่า Volume index นี้จะสอดคล้องกับปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ และความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้ก โดยเมื่อใช้สาร Sucrose ester มากขึ้น ค่า Volume index เพิ่มขึ้น

ส่วนค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบจากการทดลองพบว่า ปริมาณสาร Sucrose ester ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ ($p < 0.05$) ค่าน้ำหนักที่สูญเสียของเค้กเนยหลังการอบอยู่ในช่วงประมาณ 4-5% โดยทั่วไปน้ำหนักของส่วนผสมเค้กก่อนอบจะมากกว่าน้ำหนักหลังจากอบแล้ว เนื่องจากเกิดการสูญเสียของของเหลวกลายเป็นไอ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักประมาณ 10-12% (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538)

เมื่อพิจารณาค่า Symmetry index ซึ่งเป็นดัชนีที่บอกลักษณะรูปร่างของเค้ก (Bath และคณะ, 1992) โดยการวัดพีคที่ผิวหน้าของเค้ก (cake surface) ค่าที่เป็นบวก แสดงว่าเค้กมียอด(peaked cake) ส่วนค่าที่เป็นลบแสดงว่าเค้กยุบที่กึ่งกลาง (collapsed center) (Cloke, Davis และ Gordon, 1984) จากการทดลองพบว่าปริมาณสาร Sucrose ester ไม่มีผลต่อค่า Symmetry index ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเค้กเนยเป็นเค้กเนื้อหนักเมื่อเทียบกับเค้กไข่หรือเค้กชิฟฟอน ซึ่งมีลักษณะนุ่ม ฟู และเบา การสังเกตผลการทำงานของสารอิมัลซิฟายเออร์โดยการวัดค่า Symmetry index อาจจะไม่ชัดเจน จากผลการทดลองค่า Symmetry index มีค่าเป็นบวก แสดงว่าเค้กมียอด (peaked cake)

สำหรับค่า Uniformity index เป็นดัชนีบอกความสมมาตรของเค้ก ค่า Uniformity index เป็นการวัดค่าความแตกต่างของความสูงทั้งสองจุด ซึ่งอยู่ระหว่างจุดศูนย์กลางและขอบของเค้ก (Cloke, Davis และ Gordon, 1984) ค่าที่เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าเค้กมีรูปร่างสมมาตรซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ (Bath และคณะ, 1992) ส่วนค่าที่เป็นบวกหรือลบแสดงว่า เค้กมีด้านใดด้านหนึ่งสูงกว่าอีกด้านหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ (Cloke, Davis และ Gordon, 1984) จากการทดลองพบว่าปริมาณสาร Sucrose ester ไม่มีผลต่อค่า Uniformity index ($p < 0.05$) โดยค่า Uniformity index อยู่ในช่วงค่าที่เป็นบวกที่เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าเค้กมีรูปร่างไม่สมมาตร อาจเกิดจากการจมตัว (shrinkage) ในระหว่างอบ (Miller และ Setser, 1982)

นอกจากนี้การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กเนย (ตารางที่ 4.2) พบว่าสาร Sucrose ester มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$)

พิจารณาคะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก (grain) พบว่าเมื่อใช้สาร Sucrose ester มากขึ้น คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้กลดลง ($p \leq 0.05$) เค้กมีลักษณะหยาบทั้งนี้เนื่องจากเมื่อใช้ Sucrose ester มากขึ้น ปริมาตรของเค้กจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะทำให้เซลของเนื้อจะหยาบ (open) (Miller และ Setser, 1982) ลักษณะเช่นนี้ทำให้เค้กหยาบ คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้กจึงลดลง

สำหรับคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสจะประกอบด้วย คะแนนความชุ่มและคะแนนความนุ่ม จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้สาร Sucrose ester มากขึ้น คะแนนลักษณะสัมผัส ความชุ่มและความนุ่มลดลง ($p \leq 0.05$)แต่ยังอยู่ในเกณฑ์คะแนนสูง โดยเค้กเนยมีคะแนนการยอมรับอยู่ในช่วงความชุ่มและความนุ่มปกติ Sucrose ester นอกจากจะเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์แล้ว ยังช่วยทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสดีขึ้น (texture improver)หากใช้ในปริมาณที่เหมาะสม (Machida, Yoshikoshi และ Miura, 1993)

ส่วนคะแนนเซลอากาศในเนื้อเค้ก จะประกอบด้วยคะแนนความสม่ำเสมอและขนาดของเซล จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้สาร Sucrose ester มากขึ้น คะแนนเซลอากาศในเนื้อเค้ก ความสม่ำเสมอ และขนาดของเซลลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อใช้สารอิมัลซิฟายเออร์ จะทำให้ batter มีปริมาตรอากาศอยู่ภายในมาก และอาจเกิดการรวมตัวของฟองอากาศที่มีอยู่ทำให้ความสม่ำเสมอของเซลอากาศน้อยลงและเมื่อนำเค้กไปอบ ฟองอากาศนี้จะขยายตัวได้มากขึ้นและขนาดเซลใหญ่ขึ้นด้วย (Machida, Yoshikoshi และ Miura, 1993) จากผลการทดลอง คะแนนความสม่ำเสมอของเซลอยู่ในช่วงสม่ำเสมอ ส่วนคะแนนขนาดของเซลอยู่ในช่วงขนาดเล็กละเอียดถึงค่อนข้างละเอียด

สำหรับคะแนนการยอมรับรวม พบว่าเมื่อใช้สาร Sucrose ester มากขึ้น คะแนนการยอมรับรวมลดลง ($p \leq 0.05$) ปริมาณสาร Sucrose ester ไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสด้านสี สีเนื้อเค้ก สีเปลือก กลิ่นและรสชาติ ($p > 0.05$) เพราะสีของเค้กเนยเป็นสีที่ได้มาจากไข่ เนยเหลือง กลิ่นได้มาจากกลิ่นเนย และกลิ่นวานิลลา ส่วนรสชาติได้มาจากน้ำตาลและเนย ปริมาณสารอิมัลซิฟายเออร์ที่ใช้น้อยมากจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ในด้านสี สีเนื้อเค้ก สีเปลือก กลิ่นและรสชาติ

จากผลการทดลองทางประสาทสัมผัสทั้งหมด พบว่าเค้กเนยที่ใช้สาร Sucrose ester ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ จะมีคะแนนการยอมรับรวมอยู่ในระดับสูงกว่าเมื่อใช้สาร Sucrose ester ในปริมาณ 2 และ 3% โดยน้ำหนักแป้ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

การพิจารณาเลือกสาร Sucrose ester ในปริมาณที่เหมาะสม ได้ใช้เกณฑ์คะแนนรวมการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ร่วมกับปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของเค้กเนย สรุปว่าเลือกเค้กเนยที่ใช้สาร Sucrose ester ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ เนื่องจากสาร Sucrose ester 1% โดยน้ำหนักแป้งใช้ในปริมาณน้อยกว่าสาร Sucrose ester ในปริมาณ 2 และ 3% โดยน้ำหนักแป้ง แต่มีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์โดยการลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำและน้ำมันในระบบอิมัลชันของเค้กได้ดี จึงช่วยเพิ่มปริมาตรให้กับเค้กได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Machida และคณะ (1993) กล่าวว่า สาร Sucrose ester เมื่อใช้ในปริมาณ 1-2% โดยน้ำหนักแป้งนอกจากจะทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์แล้วยังช่วยทำให้เค้กมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีด้วย

5.1.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ Monoglyceride เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

ในการทดลองจะแปรปริมาณ Monoglyceride เป็น 3 ระดับ คือ 1, 2, และ 3 % โดยน้ำหนักแป้ง

ผลการทดลอง (ตารางที่ 4.3) พบว่าปริมาณสาร Monoglyceride มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Symmetry index และ Uniformity index ($p > 0.05$)

เมื่อใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณมากขึ้น ทำให้ความถ่วงจำเพาะของ batter ลดลง ส่วน ความหนืด ปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะของเค้ก ความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้ก และค่า Volume index เพิ่มขึ้น อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

นอกจากนี้พบว่าปริมาณสาร Monoglyceride ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ ค่า Symmetry index และ Uniformity index ($p > 0.05$) อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

ส่วนการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กเนย (ตารางที่ 4.4) พบว่าสาร Monoglyceride มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้สาร Monoglyceride มากขึ้นพิจารณาคะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก พบว่า คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก คะแนนลักษณะสัมผัส ความชุ่มและความนุ่ม คะแนนเซลอากาศในเนื้อเค้ก ความสม่ำเสมอ และขนาดของเซล และคะแนนการยอมรับรวมลดลง ($p \leq 0.05$) อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

ส่วนปริมาณสาร Monoglyceride ไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสด้านสี สีเนื้อเค้ก สีเปลือก กลิ่นและรสชาติ ($p > 0.05$) อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

จากผลการทดลองทางประสาทสัมผัสทั้งหมด พบว่าเค้กเนยที่ใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ จะมีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างจากเค้กเนยที่ใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณ 2% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ เนื่องจากสารอิมัลซิฟายเออร์ปริมาณ 1 และ 2 % โดยน้ำหนักแป้งเป็นปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนเค้กเนยที่ใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณ 3% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า ดังนั้นจึงเลือกเค้กเนยที่ใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์เนื่องจาก

ใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า ดังนั้นในการพิจารณาเลือกสาร Monoglyceride ในปริมาณที่เหมาะสม ได้ใช้เกณฑ์คะแนนรวมการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ร่วมกับปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของเค้กเนย สรุปว่าเลือกเค้กเนยที่ใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

5.1.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ Polysorbate 60 เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

ในการทดลองจะแปรปริมาณ Polysorbate 60 เป็น 3 ระดับ คือ 1, 2, และ 3 % โดยน้ำหนักแป้ง

ผลการการทดลอง (ตารางที่ 4.5) พบว่าปริมาณสาร Polysorbate 60 มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Symmetry index และ Uniformity index ($p > 0.05$)

เมื่อใช้สาร Polysorbate 60 ในปริมาณมากขึ้นทำให้ความถ่วงจำเพาะของ batter ลดลง ส่วนความหนืด ปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้ก ค่า Volume index เพิ่มขึ้น อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

นอกจากนี้ปริมาณสาร Polysorbate 60 ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ ค่าน้ำหนักที่สูญเสียของเค้กเนยหลังการอบ Symmetry index และ Uniformity index ($p < 0.05$) อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

ส่วนการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กเนย (ตารางที่ 4.6) พบว่า สาร Polysorbate 60 มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้สาร Polysorbate 60 มากขึ้น คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก (grain) คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก คะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งประกอบด้วยคะแนนความชุ่มและคะแนนความนุ่ม คะแนนเซลอากาศในเนื้อเค้กซึ่งประกอบด้วยคะแนนความสม่ำเสมอและขนาดของเซล คะแนนการยอมรับรวม ลดลง ($p \leq 0.05$) อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

ส่วนปริมาณสาร Polysorbate 60 ไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสด้านสี สีเนื้อเค้ก สีเปลือก กลิ่นและรสชาติ ($p > 0.05$) อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลเดียวกันตามที่กล่าวมาในข้อ 5.1.1

จากผลการทดลองทางประสาทสัมผัสทั้งหมด พบว่าเค้กเนยที่ใช้สาร Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ จะมีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างจากเค้กเนยที่ใช้สาร Polysorbate 60 ในปริมาณ 2 และ3% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ ดังนั้นเลือกสาร Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ เนื่องจากใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าสาร Polysorbate 60 ในปริมาณ 2 และ3% โดยน้ำหนักแป้ง ดังนั้นในการพิจารณาเลือกสาร Polysorbate 60 ในปริมาณที่เหมาะสม จะใช้เกณฑ์คะแนนรวมการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ร่วมกับปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของเค้กเนย สรุปว่าเลือกเค้กเนยที่ใช้สาร Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

5.2 ศึกษาสารอิมัลซิฟายเออร์ที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนย

จากผลการทดลองในข้อ 4.1.1 4.1.2 และ 4.1.3 สามารถเลือกสารอิมัลซิฟายเออร์ได้ดังนี้ คือ Sucrose ester, Monoglyceride และ Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักของแป้ง

จากนั้นทำการทดลองผลิตเค้กเนยโดยใช้สารอิมัลซิฟายเออร์ข้างต้น แล้วประเมินผลทางกายภาพ รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส คัดเลือกสารอิมัลซิฟายเออร์ที่ดีที่สุดเพียงชนิดเดียว เพื่อใช้ในการทดลองผลิตเค้กเนยแคลอรี่ต่ำในการทดลองในข้อ 5.5

จากการทดลองพบว่า สาร Sucrose ester, Monoglyceride, และ Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแป้ง มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อ น้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Symmetry index และ Uniformity index ($p > 0.05$)

เค้กเนยที่ใช้สาร Sucrose ester 1% โดยน้ำหนักแป้ง จะมีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุด ส่วนความหนืด ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index มีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับเค้กเนยที่ใช้สาร Monoglyceride และ Polysorbate 60 ในที่ปริมาณเท่ากัน โดยทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะจะมีความสัมพันธ์กับความหนืด สำหรับในการทดลองพบว่าเมื่อใช้สาร Sucrose ester 1%โดยน้ำหนักแป้ง ทำให้ batter มีความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุด และความหนืดสูงที่สุด ซึ่ง Kim และ Walker (1992) อธิบายได้ว่า สาร Sucrose ester ทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ ช่วยเพิ่มปริมาณฟองอากาศที่มีขนาดเล็ก และมีขนาดสม่ำเสมอในปริมาณมาก รวมเข้าไป และbatter ที่มีความหนืดสูงจะช่วยรักษาฟองอากาศขนาดเล็กไว้ เมื่อนำไปอบฟองอากาศขนาดเล็กนี้จะขยายตัว จึงทำให้ปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index เพิ่มขึ้นด้วย เค้กเนยมีน้ำตาลและน้ำเป็นองค์ประกอบสูง ดังนั้นการเพิ่มความหนืดและความเสถียรของ batter เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยป้องกันไม่ให้เค้กยุบตัว(non-collapse) และช่วยให้เค้กมีโครงสร้างดี (Kim และ Walker, 1992) การเติมสารอิมัลซิฟายเออร์ในเค้กเนยควรมีระดับที่เหมาะสมหากเกิน 5% จะทำให้เค้กมีปริมาตรลดลง เนื่องจากฟองอากาศในส่วนผสมจะขยายตัวมากเกินไป (Baker, Davis, และ Gordon,1990) นอกจากนี้ปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำที่มีอยู่ใน batter ก็ขยายตัวในระหว่างการอบด้วยเช่นกันจึงทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นด้วย (Kim และ Walker, 1992)

เมื่อพิจารณาผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าเค้กเนยที่ใช้สาร Sucrose ester 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ มีคะแนนการยอมรับรวมมากกว่าเค้กเนยที่ใช้สาร Monoglyceride และ Polysorbate 60 1% โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

จากผลการทดลองจะพิจารณาเลือกสารอิมัลซิฟายเออร์ โดยใช้เกณฑ์ผลคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ร่วมกับปริมาตร สามารถสรุปได้ว่า สารอิมัลซิฟายเออร์ที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนย คือ Sucrose ester 1% โดยน้ำหนักแป้ง

5.3 ศึกษาสารทดแทนไขมันในเค้กเนย

5.3.1 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose

แปรระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose เป็น 5 ระดับดังนี้ คือ 20, 40, 60, 80 และ 100%

จากผลการทดลอง(ตารางที่ 4.9)พบว่าการแทนที่ไขมันด้วยสารPolydextroseมีผลต่อความจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index Uniformity index Volume index สีเปลือก (ค่า *L, b*) สีเนื้อ(ค่า *L, b*) และลักษณะเนื้อสัมผัสค่าhardness ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ ($p > 0.05$)

เมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น ความถ่วงจำเพาะของ batter เพิ่มขึ้น แสดงว่าปริมาณของอากาศในส่วนผสมลดลง อธิบายได้ว่าในขั้นตอนการผสมเค้กโดยใช้วิธี creaming นั้น ไขมันจะทำหน้าที่จับอากาศไว้ในรูปฟองอากาศที่มีขนาดเล็กและสม่ำเสมอ โดยไขมันจะเก็บอากาศไว้ได้ดีเมื่อผลึกไขมันอยู่ในรูป β' ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มยาว (Stauffer, 1993) เมื่อมีการลดไขมันและมีการแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose ปริมาณฟองอากาศในส่วนผสมจึงลดลง (Bath และคณะ, 1992)

สำหรับความหนืดลดลงเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากไขมันในสูตรถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ซึ่งมีลักษณะเป็นผง (powdered form) และถูกร่อนรวมกับส่วนผสมแห้งที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเค้กเนย เมื่อผสมจนได้เป็นส่วนผสมเหลวแล้วการรวมเข้ากับส่วนผสมอื่น ๆ จะไม่เป็นลักษณะครีมได้ดีเหมือนกับการใช้ไขมัน (Pong และคณะ, 1991) ความหนืดของ batter จึงลดลง ซึ่งอาจจะเพิ่มความหนืดของ batter เพื่อให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการตีส่วนผสมคงตัวได้ โดยการเติมสารที่มีอนุภาคขนาดเล็ก ๆ เช่น เซลลูโลสผง (Ang และคณะ, 1989; Powrie และ Tung, 1983) นอกจากนี้ความหนืดของ batter ยังช่วยควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของฟองอากาศไปยังผิวหน้าอีกด้วย (Frye และ Setser, 1991) การลดไขมันทำให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการผสมรวมกันและเคลื่อนไปยังผิวหน้าของส่วนผสมได้ดีขึ้นมีผลทำให้ปริมาตรเค้กลดลง (Vetter, 1993)

เมื่อพิจารณาปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะเป็นค่าที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารPolydextroseในปริมาณมากขึ้น ปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะลดลง เนื่องจากลักษณะการขึ้นฟูของเค้กนั้นส่วนใหญ่มาจากฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงการตีไขมันกับน้ำตาล เมื่อไขมันในสูตรลดลง ปริมาณฟองอากาศใน batter จึงลดลง (Matz, 1960) ซึ่งแสดงด้วยค่าความถ่วงจำเพาะที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาตรและปริมาตรจำเพาะของเค้กจึงลดลง (Bath และคณะ, 1992) นอกจากนี้ความหนืดของ batter ที่ลดลงจะมีผลทำให้ batter ได้รับความร้อนอย่างรวดเร็วและไม่สม่ำเสมอเมื่อเทียบ batter ที่ใช้ไขมัน โดย Bath และคณะ(1992) อธิบายไว้ว่าเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดกึ่งกลางและบริเวณขอบพิมพ์มีค่าน้อย ทำให้การส่งผ่านความร้อนเกิดขึ้นได้เร็วจึงทำให้ใช้เวลาในการอบสั้น เมื่อเค้กสุกแล้วการขยายตัวของปริมาตรได้ไม่เต็มที่เพราะบริเวณผิวหน้าของเค้กเกิดการเซ็ตตัวเป็นโครงสร้างแข็ง (Frye และ Setser, 1991) ดังนั้นเมื่อลดไขมัน เค้กที่ได้จึงมีลักษณะผิวหน้าแบน (flat-profile cakes)(Bath และคณะ, 1992) สำหรับPolydextrose เป็น bulking agent ใช้ทดแทนไขมันในเค้กได้และช่วยเพิ่มปริมาตรเค้กด้วย (Pong และคณะ, 1991)

สำหรับความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้กจะลดลงเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารPolydextroseในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากไขมันซึ่งทำหน้าที่จับฟองอากาศเข้ามาในส่วนผสมถูกลดลง ความสูงของเค้กจึงลดลงด้วย (Pong และคณะ, 1991)

ส่วนค่า Volume index เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความสูงกับปริมาตรเค้ก (Bath และคณะ, 1992) โดยค่า Volume index จะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับปริมาตร ปริมาตรจำเพาะ และความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้ก เมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น ค่า Volume index ลดลง ซึ่งใช้เหตุผลที่กล่าวไว้ในส่วนปริมาตรมาอธิบายผลการทดลองได้

จากการทดลองพบว่า การแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ ($p < 0.05$) โดยค่าน้ำหนักที่สูญเสียของเค้กเนยหลังการอบซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 4-5% โดยทั่วไปน้ำหนักของส่วนผสมเค้กก่อนอบจะมากกว่าน้ำหนักหลังจากอบแล้ว เนื่องจากเกิดการสูญเสียของของเหลวกลายเป็นไอ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักประมาณ 10-12% (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538)

เมื่อพิจารณาค่า Symmetry index เป็นดัชนีที่บอกลักษณะรูปร่างของเค้ก (Bath และคณะ, 1992) จากการทดลองพบว่า เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณที่มากขึ้นค่า Symmetry index ลดลงและเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose 100% ค่า Symmetry index จะมีค่าเป็นลบ แสดงว่าเค้กหน้ายุบ อธิบายได้ว่า batter ที่มีสารทดแทนไขมัน จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเค้กจึงสุกเร็วและใช้เวลาในการอบลดลง ทำให้เค้กเกิดมีผิวหน้ามีลักษณะแบน (flat surface) ซึ่งเค้กสูตรควบคุมจะใช้เวลาในการอบนานกว่าเค้กสูตรลดไขมัน เค้กจะมีรูปร่างเหมือนมงกุฎ (Bath และคณะ, 1992)

ส่วนค่า Uniformity index เป็นดัชนีบอกความสมมาตรของเค้ก(Cloke, Devis และ Gordon, 1984) ค่าที่เข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าเค้กมีรูปร่างสมมาตรซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการ (Bath และคณะ, 1992) ส่วนค่าที่เป็นบวกหรือลบแสดงว่าเค้กมีด้านใดด้านหนึ่งสูงกว่าอีกด้านหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ (Cloke, Devis และ Gordon, 1984) จากการทดลองพบว่า เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น จะมีค่า Uniformity index เป็นบวกแสดงว่าเค้กมีรูปร่างไม่สมมาตร

เมื่อพิจารณาสีเปลือกด้วยค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) จากการทดลองพบว่าเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น พบว่าความสว่าง (L) เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b) ลดลง เนื่องจากเนยเหลืองซึ่งเป็นส่วนของไขมันที่ให้สีเหลืองถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีขาวดังนั้นค่าความสว่างจึงเพิ่มขึ้น ส่วนสีเนื้อเมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L) และค่าสีเหลือง (b) จากการทดลองพบว่าเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น พบว่าค่าความสว่าง (L) และค่าส่วนค่าสีเหลือง(b) ลดลง ค่าความสว่าง (L) ที่เพิ่มขึ้น อธิบายได้ว่าไขมันซึ่งถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ซึ่งเป็นผงสีขาว ค่าสีเหลือง (b) ลดลง เนื่องจากสีเหลืองจากเนยเหลืองลดลง

สำหรับค่าHardness ลดลงเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติด้าน hygroscopic ของ Polydextrose อาจทำให้ความชื้นสูง จึงทำให้เค้กเนยที่ลดไขมัน เค้กเนยจึงแฉะและมีความชุ่ม(Vetter, 1993)

การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กเนยแคลอรีต่ำ (ตารางที่ 4.10) พบว่า เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้นพบว่า จะมีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$)

พิจารณาสีเปลือกและสีเนื้อของเค้กพบว่า เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารPolydextroseในปริมาณมากนั้นจะทำให้คะแนนสีเปลือกและสีเนื้อลดลงจึงส่งผลให้คะแนนรวมสีของเค้กลดลงด้วย เค้กเนยที่ได้จะมีคะแนนอยู่ในช่วงสีเหลืองอ่อน อธิบายได้ว่าเค้กเนยที่ลดไขมันจะทำให้ใช้เวลาในการอบลดลง การเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชันและการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดยังไม่เกิดเต็มที่ สีเปลือกเค้กจึงมีสีเหลืองอ่อน (Vetter, 1993) ส่วนสีเนื้อเค้กที่มีสีเหลืองอ่อนเนื่องจากสีเหลืองซึ่งได้จากสีของเนยเหลืองถูกแทนที่ด้วยสารทดแทนไขมันซึ่งเป็นผงละเอียดสีขาว สีจึงจางลงและอาจเนื่องจากรงควัตถุจำพวกแคโรทีนอยด์ในแป้งสาลี

(อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532) ถูกเจือจางด้วยสารทดแทนไขมันจึงทำให้สีเนื้อเค้กมีสีเหลืองอ่อน คะแนนรวมของสีจึงลดลงเมื่อไขมันในสูตรลดลง

สำหรับคะแนนกลิ่นลดลงเนื่องจากไขมันโดยเฉพาะเนยเหลืองลดลง ซึ่งเนยเหลืองนี้ทำให้เกิดกลิ่นหอมของเนยแก่เค้กลดลง นอกจากนี้ไขมันซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนำ (carrier)กลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นเค้กเนยที่ลดไขมันลงดังนั้นกลิ่นของเค้กเนยจึงลดลงด้วย(Bath และคณะ, 1992)

เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความละเอียดของเนื้อเค้กมีค่าลดลง อยู่ในช่วงคะแนนความละเอียดของเนื้อเค้กหยาบ เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose เนื่องจากไขมันลดลงซึ่งไขมันจะทำหน้าที่ในการให้ลักษณะเนื้อสัมผัสกับเค้ก

พิจารณาคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส จะประกอบด้วยคะแนนความชุ่มและคะแนนความนุ่ม พิจารณาคะแนนความชุ่มจะพบว่าเค้กมีคะแนนอยู่ในช่วงชุ่มมาก ส่วนความนุ่มพบว่าเค้กมีคะแนนอยู่ในช่วงนุ่มมาก เมื่อไขมันในสูตรลดลงและถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากการที่ไขมันลดลงจะทำให้เค้กมีความนุ่มลดลง แต่จากผลคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนอยู่ในช่วงนุ่มมาก ซึ่งไม่สอดคล้องกับลักษณะผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเกิดจากเค้กเนยมีความชุ่มมากจนทำให้ผู้ทดสอบแยกความแตกต่างระหว่างความชุ่มและความนุ่มได้ไม่ชัดเจนจึงนำไปสู่ความเข้าใจว่า เค้กเนยมีความนุ่มมาก

ส่วนคะแนนเซลอากาศในเนื้อเค้ก จะประกอบด้วยคะแนนความสม่ำเสมอและขนาดของเซล จากการทดลองพบว่าเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารPolydextroseในปริมาณมากขึ้น จะทำให้คะแนนความสม่ำเสมอ ขนาดของเซลและคะแนนเซลอากาศในเนื้อเค้กลดลง โดยเค้กจะมีคะแนนความสม่ำเสมออยู่ในช่วงเซลอากาศไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการที่ความหนืดของbatterลดลงเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose จึงทำให้ฟองอากาศขนาดเล็กซึ่งอยู่ในbatterเข้ามารวมตัวกันได้ง่ายทำให้เกิดเป็นฟองอากาศขนาดใหญ่ เค้กเนยที่ได้จึงมีเซลอากาศขนาดใหญ่แทรกอยู่ในเนื้อเค้ก เนื้อเค้กจึงมีเซลขนาดไม่สม่ำเสมอ (Camire, 1997)

สำหรับคะแนนขนาดเซลอยู่ในช่วงค่อนข้างละเอียดและมีเซลขนาดใหญ่แทรกอยู่ในเนื้อเค้ก เนื่องจาก Polydextrose ซึ่งเป็นผงละเอียด อนุภาคขนาดเล็กช่วยให้เซลมีขนาดค่อนข้างละเอียดและสม่ำเสมอ (Pong และคณะ, 1991) ส่วนเซลขนาดใหญ่เกิดจากลักษณะเซลของเนื้อเค้กมีลักษณะเซลเปิด (open grain) ซึ่งเซลจะมีขนาดใหญ่ (Frye และ Setser, 1991)

คะแนนรสชาติของเค้กลดลงเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารPolydextroseในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากไขมันถูกลดลงไปทำให้รสชาติที่ได้จากไขมัน ซึ่งจะให้รสอร่อยเมื่อรับประทาน (mouth feel) ลดลง นอกจากนี้พบว่าเค้กเนยที่ใช้สาร Polydextrose จะทำให้ผู้ทดสอบชิมรู้สึกแห้งเมื่อรับประทาน(mouth drying) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Frye และ Setser 1991 ซึ่งพบว่าเค้กที่ใช้สาร Polydextrose จะให้ความรู้สึก mouth drying เมื่อรับประทาน นอกจากนี้ยังมีรสขม (bitterness)ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัว (breakdown) ของสาร Polydextrose เมื่อได้รับความร้อน หรือการใช้สาร Polydextroseในปริมาณมากเกินไปซึ่ง Pong และคณะ (1991) ได้รายงานไว้ว่า เค้กที่ใช้สาร Polydextrose เป็นสารทดแทนไขมันเกิน 65% โดยน้ำหนักไขมันจะทำให้เค้กมีรสขม

คะแนนการยอมรับรวมลดลงเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ตามลักษณะของเค้กเนยที่ไขมันในสูตรลดลงดังอธิบายไว้ข้างต้น

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมด พบว่าสามารถลดไขมันลงถึง 60% โดยแทนที่ด้วยสาร Polydextrose มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้(51.78$\pm$4.16คะแนน) ซึ่งหากแทนที่ไขมันเกิน 60% ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ แม้ว่าเค้กเนยที่ลดไขมันลงถึง 60% นี้จะมีปริมาตรลดลงและผิวหน้าเค้กจะแบน (flat profiles) กว่าเค้กเนยสูตรควบคุมซึ่งใช้ไขมันเต็มแต่มีลักษณะเนื้อภายในดี

จากลักษณะดังกล่าว สรุปได้ว่าสามารถลดไขมันในสูตรต้นแบบได้ถึง 60%โดยแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Neville และ Setser ในปี 1986 พบว่า สามารถแทนที่ไขมันในเค้กโดยใช้สาร Polydextrose ที่ระดับ 62.5% ซึ่งหากใช้สาร Polydextrose ในปริมาณสูงกว่านี้จะทำให้เค้กมีลักษณะเหนียว (gummy) และมีรสขม (bitterness) เพิ่มขึ้น

5.3.2 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin

แปรระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin เป็น 5 ระดับดังนี้ คือ 20, 40, 60, 80 และ 100%

ผลการการทดลอง(ตารางที่ 4.11) พบว่าการแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index, Volume index สีเปลือก (ค่า *L*, *b*) สีเนื้อ (ค่า *L*, *b*) และค่าhardness ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ และ Uniformity index ($p > 0.05$)

เมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrinในปริมาณมากขึ้น ความถ่วงจำเพาะของ batter เพิ่มขึ้น ความหนืด ปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้ก ค่า Volume index Symmetry index และ hardnessลดลง อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 5.3.1

การแทนที่ไขมันด้วยสารMaltodextrin ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Uniformity index ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาสีเปลือกและสีเนื้อด้วยค่าความสว่าง (*L*) และค่าสีเหลือง (*b*) จากการทดลองพบว่าเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารMaltodextrinในปริมาณมากขึ้น พบว่าความสว่าง (*L*) เพิ่มขึ้นและค่าสีเหลือง (*b*) ลดลง อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 5.3.1

สำหรับการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัสของเค้กเนยแคลอรีต่ำ (ตารางที่ 4.12) พบว่าเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร Maltodextrin ในปริมาณมากขึ้นพบว่า จะมีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$)

เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารMaltodextrin ในปริมาณมากนั้น คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ลดลง อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 5.3.1

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมด พบว่าเค้กเนยสูตรควบคุมสามารถลดไขมันลงถึง 60% โดยแทนที่ด้วยสาร Maltodextrin ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันและมีคะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (52.66 ± 3.58) ซึ่งหากแทนที่ไขมันเกิน 60% ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ เนื่องจากเค้กจะแฉะ หน้ายุบ ปริมาตรลดลง แม้ว่าเค้กเนยที่ลดไขมันลงถึง 60% นี้จะมีปริมาตรลดลงและผิวหน้าเค้กจะแบน (flat profiles) กว่าเค้กเนยสูตรควบคุมซึ่งใช้ไขมันเต็มแต่ลักษณะเนื้อภายในเค้กดีซึ่งยังยอมรับได้ ดังนั้นในการเลือกสาร Maltodextrin จะพิจารณาจากระดับการแทนที่ไขมันได้มากที่สุดโดยยังคงได้รับการยอมรับและมีปริมาตรดี จากเกณฑ์ในการพิจารณาดังกล่าวสรุปได้ว่า สามารถลดไขมันในสูตรควบคุมได้ถึง60% โดยแทนที่ด้วยสาร Maltodextrin

5.3.3 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B®

แปรระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B® เป็น 5 ระดับดังนี้ คือ 20, 40, 60, 80 และ 100%

ผลการทดลอง(ตารางที่ 4.13) พบว่าการแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B® มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index, Uniformity index, สีเปลือก (ค่า *L*, *b*) สีเนื้อ (ค่า *L*, *b*) และค่าhardness ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ และ Volume index ($p > 0.05$)

เมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B® ในปริมาณมากขึ้น ความถ่วงจำเพาะของ batter เพิ่มขึ้น อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 5.3.1

นอกจากนี้ความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร N-lite B® ในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากไขมันในสูตรถูกแทนที่ด้วยสาร N-lite B® ซึ่งมีลักษณะเป็นผง (powdered form) และถูกร่อนรวมกับส่วนผสมแห้งที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเค้กเนย เมื่อผสมจนได้เป็นส่วนผสมเหลวแล้วการรวมเข้ากับส่วนผสมอื่น ๆ จะไม่เป็นลักษณะครีมได้ดีเหมือนกับการใช้ไขมัน (Pong และคณะ, 1991) ความหนืดของ batter จึงเพิ่มขึ้นซึ่งอาจจะช่วยรักษาฟองอากาศเอาไว้ได้ ความหนืดของ batter ยังช่วยควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของฟองอากาศไปยังผิวหน้าอีกด้วย (Frye และ Setser, 1991) N-lite B® เป็น hydrophilic แย่งจับน้ำ (available)ที่ได้จากนมข้นจืด จากการทดลองจะควบคุมปริมาณน้ำในสูตรเค้กให้คงที่ พบว่าปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการละลายของ N-lite B® ซึ่งควรทำการทดลองหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการละลาย N-lite B® ได้อย่างสมบูรณ์ จากรายงานของ Derby (1975) และ Hosency (1977) แสดงว่า ปริมาณน้ำที่มีในเค้กมีผลต่อการละลายของส่วนผสมที่ใช้ในสูตรและมีผลต่อการเกิด starch gelatinization อย่างสมบูรณ์

สำหรับปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะเป็นค่าที่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร N-lite B® ในปริมาณมากขึ้น ปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลางของเค้ก ค่า Symmetry index Uniformity index ลดลง และเมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B® ไม่มีผลต่อค่า Volume index ค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ ($p < 0.05$) อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 5.3.1

เมื่อพิจารณาสีเปลือกและสีเนื้อเค้กด้วยค่าความสว่าง (*L*) และค่าสีเหลือง (*b*) จากการทดลองพบว่าเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร N-lite B® ในปริมาณมากขึ้นพบว่าความสว่าง (*L*) เพิ่มขึ้น ส่วนและค่าสีเหลือง (*b*) ลดลง อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 5.3.1

การประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.14) พบว่าเมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารN-lite B® ในปริมาณมากขึ้นพบว่า จะมีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$)

เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสาร N-lite B® ในปริมาณมากขึ้นพบว่า คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ลดลง อธิบายผลการทดลองด้วยเหตุผลดังที่กล่าวไว้แล้วในข้อ 5.3.1

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมด พบว่าเค้กเนยสูตรควบคุมสามารถลดไขมันลงถึง 60% โดยแทนที่ด้วยสาร N-lite B® ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมัน มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ใน

เกณฑ์ที่ยอมรับได้ (50.94±8.93คะแนน) ซึ่งหากแทนที่ไขมันเกิน 60% ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับเนื่องจากเค้กที่ใช้สาร N-lite B® จะแข็ง แม้ว่าเค้กเนยที่ลดไขมันลงถึง 60% นี้จะมีปริมาตรลดลงและผิวหน้าเค้กจะแบน (flat profiles) กว่าเค้กเนยสูตรควบคุมซึ่งใช้ไขมันเต็มแต่ลักษณะเนื้อภายในเค้กยังคงยอมรับได้ ในการเลือกสาร N-lite B® จะพิจารณาจากระดับการแทนที่ไขมันได้มากที่สุดโดยผู้ทดสอบชิมยังคงยอมรับซึ่งพิจารณาจากคะแนนรวมของการยอมรับทางประสาทสัมผัส ร่วมกับปริมาตร จากลักษณะดังกล่าว สรุปได้ว่าสามารถลดไขมันในสูตรควบคุมได้ถึง 60% โดยแทนที่ด้วยสาร N-lite B®

5.4 ศึกษาสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ

จากผลการทดลองในข้อ 4.3.1 4.3.2 และ 4.3.3 สามารถเลือกสารทดแทนไขมันได้ดังนี้คือ Polydextrose Maltodextrin และ N-lite B® ในระดับการแทนที่ไขมันในสูตรควบคุมได้ถึง 60% โดยน้ำหนักไขมัน

จากนั้นทำการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำโดยใช้สารทดแทนไขมันข้างต้น แล้วประเมินผลโดยพิจารณาคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส ร่วมกับปริมาตรและ symmetry index ตามลำดับ เพื่อคัดเลือกสารทดแทนไขมันที่ดีที่สุดเพียงชนิดเดียวเพื่อใช้ในการทดลองผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำในการทดลองข้อ 5.5

จากการการทดลองพบว่าสาร Polydextrose Maltodextrin และ N-lite B® มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Volume index สีเปลือก (ค่า *L*, *b*) สีเนื้อ (ค่า *L*, *b*) และค่าhardness ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Symmetry index และ Uniformity index ($p > 0.05$) โดยพบว่าเมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin และ N-lite B® ปริมาณ 60% โดยน้ำหนักไขมัน จะทำให้ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ไม่แตกต่างกันและมีปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ มากกว่า ($p > 0.05$)เค้กที่ใช้สาร Polydextrose

นอกจากนี้ยังประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า สาร Polydextrose Maltodextrin และ N-lite B® มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อสาร Polydextrose Maltodextrin และ N-lite B® ที่ 60%โดยน้ำหนักไขมัน จะมีผลทำให้คะแนนด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ลดลง

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose และ Maltodextrin ในสูตรได้สูงถึง 60% โดยน้ำหนักไขมัน ผู้ทดสอบชิมยังคงยอมรับและมีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกัน จากนั้นจะพิจารณาโดยใช้ปริมาตรเป็นเกณฑ์ต่อมาในการเลือกสารทดแทนไขมันซึ่งผลการทดลองพบว่า Maltodextrin ที่ระดับ 60 % โดยน้ำหนักของไขมัน มีปริมาตรมากกว่า Polydextrose ที่ระดับ 60 % โดยน้ำหนักของไขมัน จากเกณฑ์การเลือกสารทดแทนไขมันดังที่กล่าวมาแล้ว เลือกสาร Maltodextrin 60 % โดยน้ำหนักไขมันเป็นสารทดแทนไขมันสำหรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยแคลอรีต่ำ แม้ว่าเค้กเนยแคลอรีต่ำจะมีปริมาตรต่ำแต่ยังคงมีลักษณะเนื้อเค้กที่ดี ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถของน้ำตาลในการรักษาความชื้นไว้ภายในเนื้อเค้กได้ (Kim และ Walker, 1992) Maltodextrin ทำหน้าที่เป็นสารทดแทนไขมันได้เนื่องจาก Maltodextrin สามารถรวมกับน้ำแล้วจะได้ลักษณะที่เป็นเจลคล้ายไขมัน การแทนที่ไขมันในเค้กเนยและยังคงรักษาคุณภาพให้เหมือนเค้กเนยที่มีไขมันเต็มเป็นงานที่ยาก ดังนั้นการแทนที่ไขมันเพื่อลด

แคลอรีนั้นจำเป็นต้องใช้สารทดแทนไขมันในกลุ่มที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบจะสามารถเลียนแบบไขมันได้ (Miller และ Setser, 1982)

5.5 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ

เนื่องจากเค้กแคลอรีต่ำมีสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ที่จะทำให้ผู้บริโภคยอมรับ ดังนั้นจึงประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ กับลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำโดยใช้ Response surface methodology มีตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทดลองซึ่งประกอบด้วย สารSucrose ester เป็นอิมัลซิฟายเออร์ร่วมกับ Maltodextrin เป็นสารทดแทนไขมันเพื่อทำการผลิตเค้กเนยดังตารางที่ 3.2 พบว่าปริมาตรเค้ก volume index และ symmetry index มีผลต่อคะแนนความชอบรวมของเค้กเนยแคลอรีต่ำ ส่วน uniformity index ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบรวม ดังนั้นในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต จึงพิจารณาเฉพาะลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีผลให้คะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (คะแนน 35-40) ซึ่งได้แก่ ปริมาตร (960-980 cm^3) volume index (140-160 mm.) symmetry index (7-9 mm.) ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตเค้กเนยมีค่าตอบสนองถึง 3 ค่าดังนั้นในการหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจึงทำโดยการซ้อนกราฟ Contour plot ของค่าตอบสนองที่มีผลต่อตัวแปรอิสระทั้งสองคือ ปริมาตร volume index และ symmetry index ดังภาพที่ 4.5 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอิมัลซิฟายเออร์และสารทดแทนไขมัน เพื่อพิจารณาขอบเขตของสภาวะการผลิตที่ให้ค่า ปริมาตร volume index และ symmetry index ในช่วงกำหนดข้างต้น สภาวะการผลิตที่ได้จะเป็นสภาวะการผลิตที่เหมาะสม เนื่องจากให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคะแนนความชอบสูง จากการซ้อนกราฟ Contour plot (ภาพที่ 4.5) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอิมัลซิฟายเออร์และสารทดแทนไขมัน พบว่าสภาวะการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำซึ่งอยู่ในขอบเขตของสภาวะการผลิตที่ได้จากการซ้อนกราฟ Contour plot ได้แก่

1. สภาวะการผลิตที่ใช้ sucrose ester 0.4% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 48%
2. สภาวะการผลิตที่ใช้ sucrose ester 0.4% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 53%
3. สภาวะการผลิตที่ใช้ sucrose ester 1.5% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 52%
4. สภาวะการผลิตที่ใช้ sucrose ester 1.5% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 57%

นำสภาวะการผลิตทั้ง 4 สภาวะมาทดลองผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ พบว่ามี ปริมาตร volume index และ symmetry index พบว่าอยู่ในช่วงที่ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดี แสดงว่าสภาวะการผลิตทั้ง 4 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ แต่จะเลือกสภาวะการผลิตเพียง 1 สภาวะเพื่อจะใช้ในการทดลองข้อ 5.6 ต่อไป โดยใช้คะแนนการยอมรับรวมเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา จากการทดลองพบว่าเค้กเนยแคลอรีต่ำซึ่งผลิตด้วยสภาวะการทดลองที่ 3 มีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าเค้กเนยที่ผลิตด้วยสภาวะที่ 1, 2 และ 4 ดังนั้นจึงเลือกสภาวะการผลิตที่ 3 เป็นสภาวะการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำในข้อ 5.6 สภาวะการผลิตที่ 3 ประกอบด้วย Sucrose ester 1.5 % โดยน้ำหนักแป้ง และ Maltodextrin แทนที่ไขมันในระดับ 52 %

5.6 ศึกษาการใช้ High Concentrate เป็นสารแต่งกลิ่นเนยในเค้กเนยแคลอรีต่ำ

ในการประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้แบบสอบถามเชิงพรรณาดังภาคผนวก ข. ซึ่งมีคะแนนกำหนดไว้ในช่วง 1-7 คะแนน โดย 1 คะแนนหมายถึง กลิ่นอ่อน ส่วน 7 คะแนนหมายถึง กลิ่นรุนแรง จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณ High Concentrate มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเค้กเนยแคลอรีต่ำ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้ High Concentrateในปริมาณมากขึ้น ทำให้เค้กเนยแคลอรีต่ำมีคะแนนกลิ่นสูงขึ้นซึ่งหมายถึงกลิ่นเนยที่รุนแรง จากข้อมูลดังกล่าวสามารถเลือก High Concentrate เป็นสารแต่งกลิ่นเนยของเค้กเนยแคลอรีต่ำ โดยมีปริมาณที่เหมาะสมคือ 0.25 % โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ทั้งนี้เพราะมีคะแนนการทดสอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากเค้กเนยสูตรควบคุม.

อธิบายผลการทดลองได้ว่า ไขมันแสดงบทบาทสำคัญต่อการรับกลิ่น (flavor perception) ของอาหารแล้วยังเป็น precursor สำหรับองค์ประกอบของกลิ่นและเป็นตัวนำ (carrier) กลิ่นที่ดีมากสำหรับ lipophilic flavor (Schirle-Keller และคณะ, 1994) สำหรับไขมันในเค้กทำหน้าที่เป็นตัวนำกลิ่น (Bath และคณะ, 1992) เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารทดแทนไขมันซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบจะทำให้ flavor-ingredient interaction เปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีผลทำให้กลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย (Plug และ Haring, 1993) เมื่อลดไขมันแล้วทำให้กลิ่นลดลงอาจทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับจึงต้องมีการเติมสารแต่งกลิ่นลงไปเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นคล้ายกับผลิตภัณฑ์เดิม ดังนั้นในการทดลองจึงเลือกใช้ High concentrate เป็นสารแต่งกลิ่นเนยซึ่งทำมาจากเนยซึ่งได้จากน้ำนมวัวแล้วนำมาทำให้เข้มข้นจากนั้นทำให้เป็นผง High concentrate เป็นสารที่เหมาะสมที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์เค้กเนยแคลอรีต่ำเนื่องจากใช้เพียงปริมาณน้อยแต่ให้กลิ่นมากและยังเป็นกลิ่นเนยเหมือนกับกลิ่นเนยที่ใช้เป็นส่วนผสมของเค้กอีกด้วย ความเข้าใจด้าน chemical interaction และ flavor molecule กับส่วนผสมในอาหารเป็นสิ่งจำเป็นเมื่อมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ลดไขมัน นอกจากนี้สมบัติการจับกับน้ำ(binding characteristic) ของสารทดแทนไขมันที่เลือกใช้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกลิ่นของอาหาร (Schirle-Keller และคณะ, 1992) ในเค้กเนยสูตรลดไขมันแล้วถูกแทนที่ด้วยสารทดแทนไขมันซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบจะทำหน้าที่เป็นสารนำกลิ่น (flavor carrier) แทนไขมันที่ถูกลดลงไป

5.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมัน

การศึกษาในขั้นตอนนี้ ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมัน พบว่า เค้กเนยสูตรลดไขมัน มีปริมาณความชื้นสูงกว่าสูตรควบคุม ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเถ้าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม เค้กเนยสูตรลดไขมันมีปริมาณไขมันลดลงคิดเป็น 14.31% และค่าพลังงานลดลง 15.17% เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากไขมันในสูตรลดลงและถูกแทนที่ด้วยสารทดแทนไขมันซึ่งมีส่วนประกอบของสารประเภทคาร์โบไฮเดรต สำหรับผลการตรวจสอบโครงสร้างเนื้อเค้กโดยใช้ Scanning Electron Microscope (SEM) เมื่อไขมันถูกแทนที่ด้วยสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้น เม็ดสตาร์ช (starch granule) ในเค้กสูตรควบคุมจะบวม(swelling)มากกว่าเค้กที่ใช้สารทดแทนไขมัน เนื่องจาก Maltodextrin มีค่า water-holding capacity มากกว่าแป้งสาลีซึ่งมีเพียง 0.5 ml/g ทำให้ Maltodextrin ดูดซับน้ำได้มากกว่าแป้งสาลี ดังนั้นเมื่อใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันจะทำให้ availability ของน้ำสำหรับ wheat starch granule ลดลง (Pomeranz, 1994) ในการทดลองได้ควบคุมน้ำให้คงที่น้ำในระบบเค้กได้มาจากน้ำนมและไข่ซึ่งเป็นส่วนผสมในเค้ก ซึ่งจะไม่มีผลต่อการดูดซับน้ำของแป้งสาลีและสาร Maltodextrin

5.8 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเค้กเนยแคลอรีต่ำในระหว่างการเก็บ

ผลิตเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมัน บรรจุผลิตภัณฑ์ทั้งสองในถุงพลาสติกชนิด polypropylene ปริมาณ 100 กรัม เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (25-28^{o} C) และตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4^{o}C เป็นเวลา 7 วัน

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บโดยสุ่มตัวอย่างทุก ๆ วัน มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวัดค่า Hardness ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา

จากผลการทดลองพบว่า ในระหว่างการเก็บเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันไว้ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็นผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกันดังนี้คือ ด้านปริมาณความชื้นลดลง ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวัดค่า Hardness ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา เพิ่มขึ้น จึงอธิบายผลการทดลองที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ทั้งสองในระหว่างการเก็บไปพร้อมกัน

เค้กเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงถึง 25% ทำให้มีน้ำอิสระ (free water) ซึ่งแทรกตัวอยู่ในช่องว่างของอาหารและอาจมีการเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหารบ้างแต่แรงเกาะตัวไม่แข็งแรงมากนัก น้ำอิสระนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกริยาเคมีและจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538) เค้กมีค่า A_w 0.74 ดังนั้นจึงเกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย เมื่อเก็บเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันเป็นระยะเวลานาน 7 วันพบว่าความชื้นลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณมากขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีค่า Hardness เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการที่ปริมาณความชื้นลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีเนื้อเค้กแข็ง ดังนั้นค่า Hardness จึงเพิ่มขึ้น

ส่วนปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น โดยพบว่าเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันจะสามารถตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และราได้เมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง (25-28^{o} C) เป็นเวลา 3 วันและในตู้เย็นที่อุณหภูมิ4^{o}C เป็นเวลา 6 วัน

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สามารถเก็บเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิด polypropylene มีความหนา 0.02 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถป้องกันความชื้นได้โดยมีค่าการซึมผ่านของน้ำ (WVTR) 8-10 g / m^{2} 24^{o} C ,90% RH ที่อุณหภูมิห้อง (25-28^{o} C) เป็นเวลา 2 วันและในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4^{o}C เป็นเวลา 5 วันโดยยังไม่มีการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ แต่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยผลิตภัณฑ์ทั้งสองคือมีเนื้อเค้กแข็งขึ้น อย่างไรก็ตามผลการทดลองที่ได้นี้เป็นเพียงอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ที่ทำในห้องปฏิบัติการและไม่มีการยืดอายุการเก็บโดยใช้สารกันบูดเช่น sorbic acid ดังนั้นในการผลิตเพื่อการค้าไม่ว่าจะเป็นในระดับอุตสาหกรรมหรือระดับครัวเรือน อายุการเก็บผลิตภัณฑ์อาจเปลี่ยนแปลงไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสุขลักษณะและการสุขาภิบาลของโรงงาน